

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE
PRECISÃO**

Leonardo Cocco Garlet

**MELHORIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO PELO USO DE
CORRETIVOS, CONDICIONADOR E FERTILIZANTES APLICADOS
EM SUPERFÍCIE E INCORPORADO COM ESCARIFICADOR E A
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

**Santa Maria, RS
2018
Leonardo Cocco Garlet**

**MELHORIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO PELO USO DE
CORRETIVOS, CONDICIONADOR E FERTILIZANTES APLICADOS
EM SUPERFÍCIE E INCORPORADO COM ESCARIFICADOR E A
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como registro parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Orientador: Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado

Santa Maria, RS
2018

Garlet, Leonardo

Melhoria dos atributos químicos do solo pelo uso de corretivos, condicionador e fertilizantes aplicados em superfície e incorporado com escarificador e a produtividade da soja / Leonardo Garlet.- 2018.

52 p. ; 30 cm

Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2018

1. calcário 2. produtividade da soja 3. correção do solo 4. atributos químicos solo I. Carneiro Amado, Telmo Jorge II. Título.

Leonardo Cocco Garlet

**MELHORIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO PELO USO DE
CORRETIVOS, CONDICIONADOR E FERTILIZANTES APLICADOS
EM SUPERFÍCIE E INCORPORADO COM ESCARIFICADOR E A
PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como registro parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Aprovada em 19 de fevereiro de 2018.

**Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Jackson Ernani Fiorin, Dr. (Unicruz)

Geovane Boschmann Reimche, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que convivi e estiveram presentes ao longo de todos estes anos, e aos agricultores que necessitam de informações, e que são a base de nossa economia e que alimentam o mundo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de estar concluindo mais uma etapa, além dos meus sonhos, que era de ser engenheiro agrônomo, que sempre iluminou meu caminho e minhas escolhas.

A Universidade Federal de Santa Maria, na qual tenho o título de graduação, e ao Programa de mestrado em agricultura de precisão do Colégio Politécnico, pela oportunidade de aprendizagem, e que sempre serão a base na minha carreira profissional.

A minha família que sempre me apoiou e incentivou a busca de conhecimento, aos meus pais Celio Garlet e Vera Lucia Cocco Garlet que com muito trabalho e esforço me proporcionaram uma base familiar sólida. As minhas irmãs Livia Cocco Garlet e Luana Cocco Garlet pelo apoio, e amizade. E a minha esposa Paula Lucion Garlet que sempre incentivou e me ajudou quando preciso nesta caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado, pela orientação do trabalho e aprendizagem neste período de projeto. Grande exemplo de trabalho e dedicação, e comprometimento junto à produtividade de nossos agricultores buscando rentabilidade e progresso para nosso país. Em seu nome agradeço também ao projeto Aquarius e seus colaboradores, onde conheci o programa de mestrado e aonde surgiu ideias para o projeto através de carências do campo em que precisam ser instigadas.

RESUMO

MELHORIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO PELO USO DE CORRETIVOS, CONDICIONADOR E FERTILIZANTES APLICADOS EM SUPERFÍCIE E INCORPORADO COM ESCARIFICADOR E A PRODUTIVIDADE DA SOJA

AUTOR: Leonardo Cocco Garlet

ORIENTADOR: Telmo Jorge Carneiro Amado

O Brasil ocupa a segunda colocação na produção mundial de soja, no entanto, a melhoria química do solo, através da calagem poderia elevar ainda mais a produtividade, principalmente em anos de déficit hídrico. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da cultura da soja sob diferentes fontes de cálcio e magnésio aplicado em superfície e incorporado e seu efeito nas características químicas do solo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, em área comercial no município de Júlio de Castilhos-RS. Com os seguintes tratamentos: testemunha (T0), correção com calcário dolomítico para ½ SMP de acordo com a recomendação da CQFS RS/SC (2004) (T1), T1 incorporado (T2); 1 SMP (T3); T3 incorporado (T4); correção para equilibrar as bases: Ca 60% Mg 15% e K 3% (T5); T5 incorporado (T6); T5 com adição de 2 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola (T7) e T8 com 200 Kg de calsite. As amostras de solo foram estratificadas na profundidade de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m em duas épocas (9 e 21 meses) de amostragem. Foram avaliadas as produtividades da cultura do soja (duas safras). Houve melhoria no pH H₂O na camada superficial em todos tratamentos, e na camada subsuperficial na segunda coleta, mas o tratamento 5 na primeira coleta apresentou o menor nível de Al⁺³, e maior produtividade relativa acumulada. Não se conseguiu a relação de Ca/Mg planejada, porém houve melhoria química no perfil do solo com aumento nos teores de Ca⁺² e Mg⁺² comparado com a testemunha. Quanto ao modo de aplicação, superficialmente foi economicamente viável que a incorporação, além disso, a melhoria nos teores dos nutrientes mostrou-se mais importante do que a relação entre os nutrientes.

Palavras-chave: Sub superficial. Acidez. Calagem.

ABSTRACT

IMPROVEMENT OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL BY THE USE OF CORRECTIVE, CONDITIONER AND FERTILIZERS APPLIED IN SURFACE AND INCORPORATED WITH SCARIFIER AND THE PRODUCTIVITY OF SOYBEAN

AUTHOR: Leonardo Cocco Garlet

ADVISOR: Telmo Jorge Carneiro Amado.

Brazil is the second largest producer of soybeans worldwide, however, the improvement of soil chemistry through liming could raise productivity even more, especially in years of water deficit. In this context, the work had as objective to evaluate the response of the soybean crop under different sources of calcium and magnesium applied on surface and incorporated and its effect on the chemical characteristics of the soil. The experimental design was through randomized blocks with three replications, in commercial area in the city of Julio de Castilhos-RS. The treatments were as follows: control (T0); correction with dolomitic limestone for ½ SMP according with the recommendation of the CQFS RS/SC (2004) (T1); T1 incorporated (T2); 1 SMP (T3); T3 incorporated (T4); correction to balance the bases: Ca 60% Mg 15% e K 3% (T5); T5 incorporated (T6); T5 with addition of 2 Mg ha⁻¹ of agricultural gypsum and T8 with 200kg of calcite. Soil samples were stratified at depths of 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m and 0,20-0,40 m at two sampling times (9 and 21 months). The yields of the soybean crop (two harvests) were evaluated. There was improvement in pH H₂O in the surface layer in all treatments, and in the subsurface layer in the second collection, but the treatment 5 in the first collection presented the lowest level of Al⁺³, and higher relative productivity accumulated. The planned Ca/Mg ratio was not achieved, but there was a chemical improvement in the soil profile with increase in Ca⁺² and Mg⁺² compared to the control. As for the application method, superficially was economically viable, moreover, the improvement in nutrient contents proved to be more important than the relation between nutrients.

Key-words: Subsurface. Acidity. Liming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distribuição pluviométrica diária no período experimental safra 2015/16.....	19
Figura 2 - Distribuição pluviométrica diária no período experimental safra 2016/2017.....	19
Figura 3 - Efeito dos tratamentos sobre os valores de pH após 9 meses e 21 meses da implantação dos experimento.....	25
Figura 4 - Efeito dos tratamentos sobre os valores de Al^{3+} após 9 e 21 meses da implantação do experimento.....	28
Figura 5 - Efeito dos tratamentos sobre os valores de saturação por bases (V%) após 9 e 21 meses da implantação do experimento.....	29
Figura 6 - Efeito dos tratamentos sobre os teores de Ca após 9 meses e 21 meses da implantação dos experimento.....	33
Figura 7 - Efeito dos tratamentos sobre os teores de Mg após 9 meses e 21 meses da implantação dos experimento.....	34
Figura 8 - Efeito dos tratamentos (1/2 SMP, 1 SMP, Equilíbrio por bases), aplicando em superfície ou incorporado, 9 meses da aplicação do calcário.....	36
Figura 9 - Efeito dos tratamentos (1/2 SMP, 1 SMP, Equilíbrio por bases), aplicando em superfície ou incorporado, 21 meses da aplicação do calcário.....	38
Figura 10 - Produtividade relativa acumulada de duas safras das culturas de soja sobre efeito dos tratamentos.....	44
Figura 11- Histograma da viabilidade econômica: custo x receita: (lucro ou déficit).	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos parâmetros químicos do solo anterior à implantação do experimento.....	20
Tabela 2 - Doses de insumos aplicados para cada tratamento.....	21
Tabela 3 - Custo dos insumos.....	22
Tabela 4 - Teores de cálcio e magnésio e relações Ca/Mg após 9 meses de aplicação dos corretivos.....	31
Tabela 5 - Teores de cálcio e magnésio e relações Ca/Mg após 21 meses de aplicação dos corretivos.....	32
Tabela 6 - Comparação dos manejos para melhoria dos atributos químicos do solo, sobre a produtividade da soja em função do ano, Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de LS-Means a 5%.....	39
Tabela 7 - Efeito dos manejos para melhoria dos atributos químicos do solo, sobre a produtividade da soja para a safra 2015/16, Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de LS-Means a 5%.....	40
Tabela 8 - Efeito dos manejos para melhoria dos atributos químicos do solo, sobre a produtividade da soja para a safra 2016/17, Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de LS-Means a 5%.....	41
Tabela 9 - Influência do método de aplicação (superficial x escarificado) avaliados por contrastes na safra 2015/2016.....	42
Tabela 10 - Influência do método de aplicação (superficial x escarificado) avaliados por contrastes na safra 2016/2017.....	42
Figura 11: Histograma da viabilidade econômica: custo x receita: (lucro ou déficit).	44
Tabela 12 - Teores de cálcio e magnésio e relações Ca/Mg quantitativas no tecido vegetal no estágio R1 na cultura da soja safra 2016/17 em função dos diferentes métodos de correção com calcário calcítico e dolomítico, superficial incorporado.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	SOJA.....	13
2.2	CALAGEM.....	14
3	OBJETIVOS.....	17
4	HIPÓTESES.....	18
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6.1	MELHORIA NA QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO.....	24
6.1.1	Acidez do solo.....	24
6.1.2	Alumino e saturação por bases.....	25
6.1.3	Cálcio e magnésio no solo.....	29
6.1.4	Calagem superficial X Calagem incorporada.....	35
6.2	EFEITO DOS TRATAMENTOS NAS PRODUTIVIDADES DA CULTURA.....	39
7	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial na safra de 2016/17 foi de aproximadamente 351,31 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 120,95 milhões de hectares (USDA, 2017). Nesse contexto o Brasil ocupa a segunda posição na produção dessa oleaginosa, sendo também o segundo maior exportador de soja, farelo e óleo (EMBRAPA, 2017). No entanto, no Brasil, aproximadamente 40% da produtividade das culturas é reduzido, especialmente pelos efeitos da acidez em profundidade, o que ocasiona o menor desenvolvimento das plantas (QUAGGIO, 2000). Além disto, a toxicidade de alumínio devido ao crescimento deficiente do sistema radicular aumenta o estresse hídrico durante períodos de seca, que são comuns no verão do Rio Grande do Sul (VIEIRA, 2011).

A calagem destaca-se como a prática mais eficiente para correção da acidez do solo, elevando a saturação de bases, o pH H_2O e os teores de cálcio, e redução dos teores de alumínio (CAIRES et al., 2004). Contudo, para a cultura expressar seu melhor potencial é de suma importância conhecer a resposta em relação a aplicações de cálcio e magnésio em diferentes métodos de correção e corretivos, visto que, o potencial genético da cultura, como apresentado pelo Comitê estratégico soja Brasil (CESB), com produtividades de até $149 \text{ sacas ha}^{-1}$, exige boa fertilidade do solo, como correção e conservação do solo.

Para os estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) para a estimativa da necessidade de aplicação de calcário utiliza-se o manual de adubação e calagem (CQFS RS/SC, 2004), em que o cálculo se baseia no pH H_2O do solo atingir o valor de referência, e está relacionada com o índice SMP do solo, que representa a acidez potencial do solo. Já em algumas cooperativas e na maioria dos produtores do Paraná é baseado nos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K /CTC (capacidade de troca de cátions), buscando equilíbrio na saturação por bases do solo, técnica esta criada por William Albrecht na década de 50, em que surgiu o conceito de solo “Método Albrecht”. Além de técnicas como aplicação de gesso agrícola e cálcio mais reativo na linha de semeadura.

A busca de entender a relação de pH em água e saturação por bases é importante para a tomada de decisão sobre necessidade e estimativa da dose a ser aplicada, fator primordial para agricultura de precisão.(FIORIN; SILVA, 2013).

Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de cálcio e magnésio, baseado em diferentes teorias na melhoria dos atributos químicos do perfil do solo, aplicados em superfície ou incorporados com escarificador e sua relação com a produtividade da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SOJA

No Brasil, em 1882, houve o primeiro relato sobre o surgimento da soja no estado da Bahia (BLACK, 2000), e a nível comercial a primeira tentativa foi no Rio Grande do Sul em 1941 (EMBRAPA, 2005). Hoje o Brasil tem um papel fundamental no suprimento de soja para o mercado mundial, sendo o segundo maior produtor e processador mundial da soja em grão do mundo, além de ser o segundo exportador mundial de soja, farelo e óleo (SILVA; LIMA; BATISTA, 2010).

A soja cultivada é uma planta herbácea que se inclui na classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L. Apresenta grande variabilidade genética quanto ao ciclo vegetativo, período compreendido da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores, e quanto ao reprodutivo (período do início da floração até o fim do ciclo da cultura), sendo influenciada pelo ambiente, especialmente por fatores como temperatura e precipitação (NUNES, 2016).

Tendo como maior produtor de soja o EUA, e como segundo maior produtor o Brasil. O Brasil sustenta uma área cultivada de 33,89 milhões de hectares, produção de 94,3 milhões de toneladas, sendo o Rio Grande do Sul o terceiro maior produtor com 18,71 milhões de toneladas e produtividade de 3360 kg ha⁻¹(CONAB, 2017).

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira sempre estiveram associados aos avanços científicos e à disponibilização

de tecnologias ao setor produtivo (HABECK, 2007). Deste modo, salienta-se a suma importância da pesquisa aliada a produção agrícola.

Dentre os avanços da cultura no Brasil, destacam-se técnicas de correção do solo, a prática de inoculação para melhorar a fixação biológica de nitrogênio, adubação com macro e micronutrientes, além de adaptação de cultivares a diferentes ecoregiões que permitiu a cultura apresentar elevada produtividade em praticamente todo o território brasileiro. Além do manejo integrado de pragas, já que ao longo dos anos surgem novos insetos pragas sendo necessário o controle efetivo, juntamente com o uso de fungicidas a partir da década de 90 para o controle de doenças, que ao longo dos anos vem se adaptando e surgindo novos fungicidas.

O setor de máquinas agrícolas também vem se aperfeiçoando e permitindo ao produtor maior eficiência e maior tecnologia aplicada à cultura. Além disto tudo, a adoção de biotecnologia com uso de sementes transgênicas de soja resistente ao herbicida Roundup Ready (RR), trouxe um grande avanço em produção devido ao controle de plantas daninhas(FREITAS, 2011).

Outro fator importantíssimo para a expansão da cultura da soja foi a melhoria e conservação do solo através do sistema plantio direto (SPD), introduzido no país em 1973 tendo como pioneiro o produtor Herbert Bartz, e o qual após três décadas é tida como a única alternativa para sustentabilidade agrícola do país, pois diminuiu a lixiviação de nutrientes, a erosão e a melhoria na vida microbiológica do solo (FISCHER, 2012).

Altas produtividades são obtidas com condições de clima favoráveis em todo o ciclo da planta, interagindo com o manejo adequado, e a correção de solo para assim haver maior acúmulo de matéria seca nos grãos (MARTINS, 1999).

Neste contexto, a agricultura de precisão (AP) surgiu para agregar as atividades agrícolas mais precisas, automatizadas e independentes, favorecendo a aplicação racional de insumos, melhorando eficiência, e aumentando a produtividade (PINELLI, 2015).

2.2 CALAGEM

A maioria dos solos do Brasil são intemperizados, e a acidez é um dos fatores que limitam a produção, estando associada à baixa CTC, baixa saturação por bases,

teores altos de alumínio e manganês, sendo a calagem essencial para melhorar quimicamente o solo e aumentar a produtividade (HOLZSCHUH, 2007).

Solos com pH H₂O baixo tem a sua fertilidade comprometida, desequilibrando a disponibilidade de nutrientes, além de dar condições a elementos tóxicos para planta, assim, a acidez é uma das causas da redução da produtividade (QUAGGIO et al., 1993).

O calcário é o produto que vem sendo mais utilizado para neutralizar o efeito do alumínio no solo, e devido à melhoria nos atributos químicos é possível alcançar tetos maiores de produtividade (NOLLA E ANGHINONI, 2004).

Esta formação de um perfil de solo adequado para o crescimento radicular em latossolos ácidos do RS elevaria a produtividade na ocorrência de déficit hídrico, o que é comum nos verões do RS (DALLA NORA E AMADO, 2013).

No estado do RS devido a grande disponibilidade de calcários dolomíticos e monocultivo de soja, se encontra relações Ca⁺²/Mg⁺² até 1/1, e com uso continuado deste insumo pode ocorrer um estreitamento desta relação, podendo haver um desequilíbrio iônico entre esses cátions (HOLZSCHUH, 2007).

Além disso, elevadas concentrações de Mg⁺² são mais prejudiciais que concentrações altas de Ca⁺², pois o Mg⁺² quando em excesso ocasiona engrossamento e encurtamento das raízes, diminuindo o crescimento radicular (SILVA, 1980).

Para a cultura da soja o equilíbrio da saturação juntamente com a redução na população de plantas trouxe uma produtividade e lucratividade superior ao produtor, citando que as concentrações de Ca⁺² e Mg⁺² em equilíbrio é importante para a nutrição e desenvolvimento das plantas, comparado a concentrações isoladas desses elementos (Watanabe et al., 2005).

Na cultura do milho, em trabalho com AP a variabilidade espacial da produtividade teve relação positiva com alta relação Ca⁺²/Mg⁺², indicando que quando em equilíbrio se encontra maiores produtividades (NOGARA et al., 2011).

Santi et al. (2012) avaliando os principais atributos limitantes para produtividade encontrou como variável química o desbalanço de bases como o principal fator.

Em experimento com diferentes proporções de mistura de calcários calcítico e dolomítico, indicou que mesmo havendo grande quantidade de Mg⁺² e estreitando a

relação $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ não alterou a absorção e produtividade da soja (HOLZSCHUH, 2007). Resultado semelhante encontrou Liebhardt (1981) mostrando que a saturação não afetou os rendimentos da soja.

QUAGGIO (2000) cita a importância dos níveis de Ca^{+2} e Mg^{+2} estarem alto no solo porém a relação ideal entre esses nutrientes não afetaria a produtividade.

Já em relação à eficiência da aplicação superficial, Amaral (2001) avaliou como efeito da calagem superficial melhoria química na camada até 4 cm apenas, 360 dias após a aplicação.

Em contrapartida Ciotta (2004), quando aplicado calcário em superfície, mostrou-se eficiente em elevar o pH na camada 0-15 cm, e na camada 0-20 cm elevou os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} e saturação por bases.

Segundo o (CQFS RS/SC, 2004), com acidez potencial ($\text{SMP} < 5,3$) recomenda-se incorporar, e analisando o efeito do calcário incorporado, devido ao custo de combustível quando escarificado de 8% menor do que quando arado (SALVADOR, 2009), além de uma menor potência requerida do trator para realizar a operação, a opção usual do agricultor consiste na escarificação.

Porém, a interrupção do SPD, pode acarretar perdas, como redução da matéria orgânica, exposição do solo após a incorporação a chuvas intensas, gasto de tempo e combustível, disponibilidade de máquinas agrícolas.

Além disso, com custo menor, porém sem intuito de correção, apenas aplicação para a cultura implantada, pode ser usado calcários mais reativos, mais finos, de menor granulometria, e deste modo, maior reação com o solo (MELLO, 2013).

3 OBJETIVOS

- Avaliar o efeito de diferentes fontes de cálcio e magnésio utilizados de forma superficial e incorporado na melhoria dos atributos químicos do perfil do solo;
- Avaliar o desempenho produtivo da cultura da soja semeada sob diferentes métodos de correção da acidez do solo, usando diferentes fontes de calcário.

4 HIPÓTESES

Os tratamentos com menor custos de correção tendem a ter o retorno econômico em menor espaço de tempo.

A escarificação é um método mais eficiente de correção de camadas sub superficiais do que a aplicação superficial.

Doses cheias 100% de correção da acidez pH SMP 6,0 na camada 0,0-0,20m é mais eficiente, correção mais rápida e alcançando camadas mais profundas que $\frac{1}{2}$ dose pH SMP.

O calsite pode ser uma alternativa em áreas aonde não se possa realizar uma correção com calcário, devido a custos e pode incrementar a produtividade.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido dentro de uma área comercial manejada sob sistema plantio direto, localizada no município de Júlio de Castilhos, centro do estado do Rio Grande do Sul, nas coordenadas 29°18'56"S e 53°28'22"O, seguindo o Datum WGS 1984. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa), segundo Köppen, com temperatura média de 16°C e precipitação média anual de 1800 mm.

A precipitação diária no período da cultura das duas safras de soja está representada nas figuras 1 e 2.

Figura 1- Distribuição pluviométrica diária no período experimental safra 2015/16

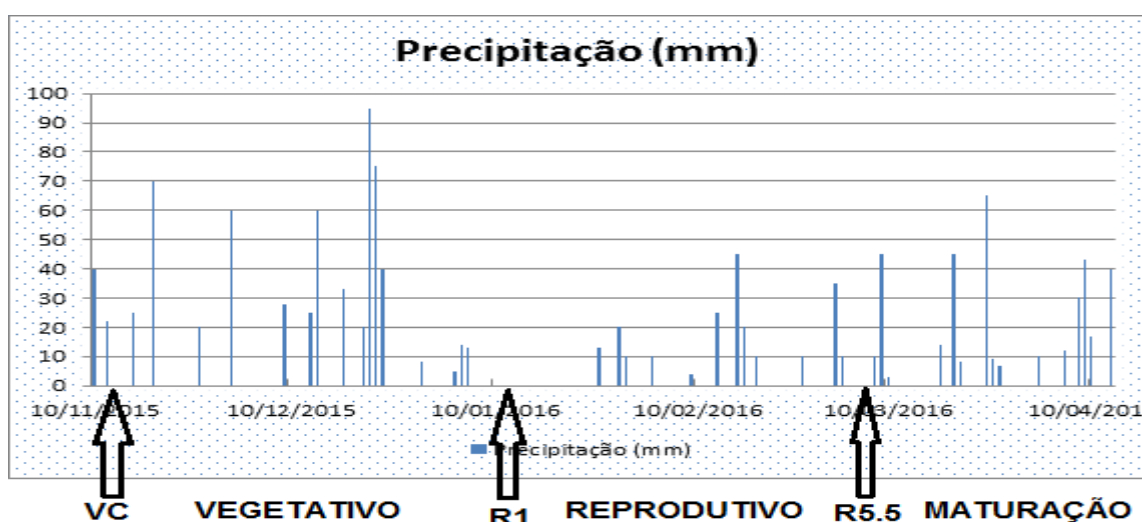
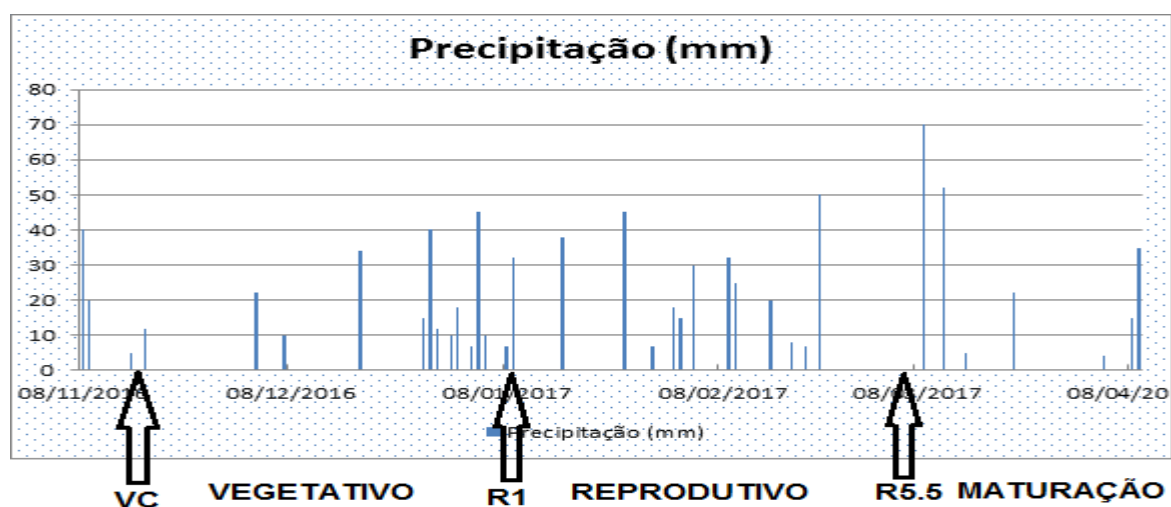


Figura 2 - Distribuição pluviométrica diária no período experimental safra 2016/2017



Anteriormente ao ano 2000 a área era manejada com sistema convencional de preparo do solo, após este período manejada com SPD, com produção de grãos no verão, e no inverno grão ou gado de corte. A correção do solo era realizada com 2 a 3 toneladas de calcário dolomítico (PRNT 73%) num período de 4 a 5 anos cada aplicação, procedimento que é usado por agricultores da região, e a última intervenção foi no ano de 2008 em que houve correção do pH do solo usando taxa variada de calcário seguindo as recomendações de análise de solo.

O experimento iniciou no dia 13 de agosto de 2015 com aplicação dos tratamentos que de forma geral foram baseados em duas metodologias distintas, os produtos apresentavam as seguintes características, o calcário dolomítico apresentava teores de 35% CaCO_3 e 14% MgCO_3 (PRNT 73%), o calcário calcítico de 50% CaCO_3 (PRNT 73%), o gesso agrícola 16% Ca^{+2} e 16% S, o cloreto de potássio (KCl) 60% K_2O e o calcite 53% CaO e 1% MgO .

O pH do solo encontrava-se abaixo dos teores recomendados para cultura da soja (CQFS-RS/SC, 2004), de acordo com a coleta realizada em maio de 2015 (Tabela 1). A primeira metodologia foi baseada na calagem comissão de química e fertilidade do solo para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004), porém, considerando a camada 0,0-0,20m, aplicando calcário dolomítico, metodologia usual dentre os agricultores do Rio Grande do Sul. A segunda metodologia visou o equilíbrio de bases na CTC, conforme reportado por Demattê (2011). De acordo com o autor, o solo deve apresentar na CTC 50% de Ca, 12 a 15% de Mg e 3 a 5% de K, além de tratamento com adição de gesso agrícola e com fonte de Ca^{+2} na linha de semeadura. E para fins comparativos os tratamentos em superfície também foram incorporados com escarificador.

Tabela 1 - Caracterização dos parâmetros químicos do solo anterior à implantação do experimento

Prof.	pH _{H₂O}	SMP	Al	Ca	Mg	K	CTC pH7,0	Ca+Mg/ K	Ca/ Mg	P	S	V%	Sat. Al	Argila
m				cmol _c dm ⁻³							mg dm ⁻³		%	
0,0–0,10	4,8	5,2	0,9	3,4	1,4	0,21	17,2	21,9	2,5	11,8	11,1	28,7	15,5	30
0,10–0,20	4,7	5,1	1,8	2,0	0,9	0,07	13,9	40,6	2,3	9,3	10,6	21,5	37,5	40
0,20–0,40	4,7	5,1	2,5	1,4	0,7	0,05	14,5	41,9	1,9	3,7	10,4	15,1	53,2	39

Al – Alumínio, Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, K – Potássio, P – Fósforo, S – Enxofre, V% - Saturação por bases, Sat. Al - Saturação por alumínio.

O experimento foi constituído de oito tratamentos, sendo eles: tratamento testemunha (sem adição de qualquer corretivo de solo) (T0), correção com calcário dolomítico para ½ SMP a pH 6,0 de acordo com a CQFS RS/SC (2004) considerando camada 0,0-0,20m em superfície (T1), T1 incorporado com escarificador (T2), correção com calcário dolomítico com 1 SMP a pH 6,0 com análise de solo de 0,00-0,20 m, de acordo com de acordo com a CQFS RS/SC (2004) em superfície (T3), T3 incorporado com escarificador (T4), correção para equilibrar as bases: Ca 60% Mg 15% e K 3% na CTC com análise de solo de 0,00-0,20m superfície (T5), T5 incorporado com escarificador (T6), T5 com adição de 2 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola em superfície (T7) e T8 com 200 Kg de calsite (calcário granulado) na linha de semeadura em cada safra agrícola de verão.

Além disso, destaca-se que devido ao fato do CQFS RS/SC (2004) considerar a camada 0,0-0,10m para o SMP de correção, e no experimento consideramos 0,0-0,20m, e foi tomada como base deste modo, a média de SMP das duas camadas, resultando em SMP 5,15.

Tabela 2 - Doses de insumos aplicados para cada tratamento (PRNT 100%)

Trat.	Insumo	Kg ha ⁻¹ adicionado	Quantidades adicionadas Kg ha ⁻¹			
			S	K	CaCO ₃	MgCO ₃
T0	Testemunha	-	-	-	-	-
T1 e T2	Calcário Dolomítico	4350	-	-	1522	609
T3 e T4	Calcário Dolomítico	8700	-	-	3044	1218
T5 e T6	Calcário Dolomítico,	3358				
	Calcário Calcítico	4161		180	3255	457
	Cloreto De Potássio	300	-			
T7	Calcário Dolomítico	3358				
	Calcário Calcítico	3555				
	Cloreto De Potássio	300	320	180	3255	457
	Gesso Agrícola	2000				
T8	Calsite Granulado	200/ano	-	-	106 CaO	2 MgO

Tabela 3 - Custo dos insumos

Calcário calcítico	R\$130,00/Tonelada
Calcário domomítico	R\$95,00/Tonelada
Gesso agrícola	R\$220,00/Tonelada
Cloreto de potássio	R\$63,00/50 Kg
Calsite	R\$ 40,00/ 50Kg

Na safra 2015/2016 foi realizada a semeadura no dia 08 de novembro com a cultivar Nidera 5909RR e população de 12 plantas/m linear e com espaçamento entre linha de 40 cm. A adubação utilizada foi de 270 kg ha⁻¹ da fórmula 02-23-23 e 100 kg ha⁻¹ em cobertura de cloreto de potássio (KCl).

Na safra 2016/2017 a semeadura realizou-se no dia 7 de novembro com a cultivar Nidera 5909RR e população de 12 plantas/m linear e espaçamento entre linhas 40 cm, adubação de base com 160 kg ha⁻¹ da fórmula (04-28-08) (absoluto) com cálcio, enxofre e micronutrientes, e 200 kg ha⁻¹ em cobertura de cloreto de potássio (KCl).

As coletas de solo foram realizadas anteriormente a instalação do experimento, em maio de 2015, conforme (tabela 1), e após 9 e 21 meses da implantação do experimento. As profundidades coletadas foram de 0,0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 m com abertura manual de trincheiras e três repetições em cada tratamento. As determinações químicas foram de pH H₂O na suspensão solo-água na proporção de 1:1, teor de alumínio (Al⁺³) obtido na extração com KCL 1 mol L⁻¹, Ca⁺² e Mg⁺² obtidos na extração com KCL 1 mol L⁻¹. Todos os procedimentos seguiram Tedesco et al. (2006).

Na safra 2016/2017 em pleno florescimento da cultura da soja foram coletadas amostras de tecido vegetal, sendo o terceiro trifólio abaixo do ápice da planta, e enviados ao laboratório para análise.

No ponto de colheita foi coletada manualmente amostras para determinação da produtividade. Foram coletados 8 m² para cada repetição, sendo 4 linhas de 5 metros lineares x 40cm de espaçamento entre linha, com três repetições cada tratamento, e a massa de grãos corrigida para 13% de umidade.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com três repetições, sendo que cada unidade experimental possuía dimensões de 7 x 15 m,

totalizando uma área de 105 m². As variáveis foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) e quando significativas pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste LS-Means a 5% de significância, e contrastes entre as médias dos tratamentos usando o software R.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área experimental devido as características dos solos desta região do RS em ser naturalmente ácidos, e 7 anos sem receber de correção com calcário, assim com valores baixos de pH H₂O, 4,8 na camada 0,0-0,0-0,10 m, no qual seria ideal em torno de 5,5 - 6,0 segundo CQFS-RS/SC (2004), e deste modo, com teores baixos de Ca⁺² e Mg⁺², após a implantação do experimento segue os dados de melhorias químicas no solo.

6.1 MELHORIA NA QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO

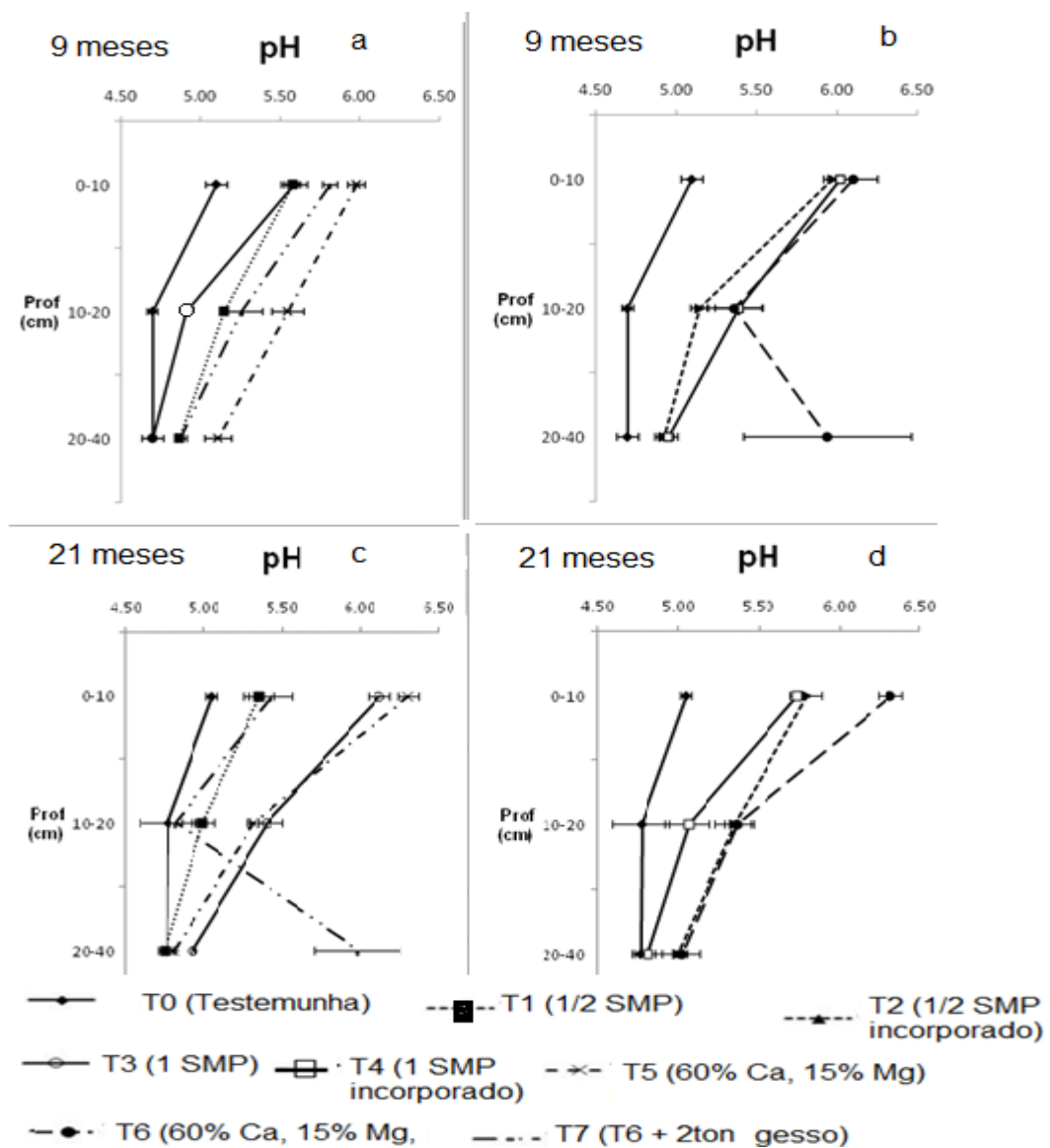
6.1.1 Acidez do solo

Transcorridos 9 meses da implantação do experimento (primeira coleta pós tratamentos), se observou que em todos os tratamentos na camada de 0,0-0,10 m em que foi aplicado calcário (T1 a T7), houve um aumento numérico no pH H₂O com valores de até 0,4 unidades (figura 3ab), quando comparados com a testemunha, exceto no tratamento calsite (T8). E da mesma forma, em todos tratamentos após 21 meses, (figura 3cd) houve uma elevação numérica no pH, com variação ainda maior chegando a 1,3 unidades, comprovando que neste período ainda houve reação do calcário com o solo.

Já quando analisamos a camada 0,10-0,20 m, observa-se que na primeira coleta (figura 3 ab) também houve incremento de pH, de até 18% no tratamento 5, da mesma forma com um período maior (figura 3cd), nota-se que na testemunha o pH continua ao redor de 4,8, e com aplicação dos corretivos com incrementos de até 13%. Quando analisada a camada 0,20-0,40m, aos 9 e 21 meses com incremento médio em torno de 5% no pH, o que pode ser um efeito da formação de perfil, que primeiramente é necessário níveis desejáveis em superfície para ao longo dos anos amenizar os efeitos nocivos da acidez nas camadas mais profundas (CAIRES, 2012). Os aumento no teor de Ca⁺² e Mg⁺² (tabela 5) em todo perfil comprovam este efeito de correção da acidez quando comparado com a testemunha.

Quando comparado os tratamentos com corretivos incorporado e em superfície se observa que o pH H₂O teve um comportamento semelhante, com melhoria do pH H₂O em todo perfil do solo, tanto na primeira coleta como na segunda coleta, assim como Moreira (2001), não encontrou resposta do pH H₂O em sub superfície quando incorporado em relação ao superficial.

Figura 3 - Efeito dos tratamentos incorporado e em superfície sobre os valores de pH após 9 meses (a e b) e 21 meses (c e d) da implantação dos experimento.



6.1.2 Teores de Alumino e saturação por bases

Quando analisado aos teores de alumínio (Al^{+3}), que quando em níveis tóxicos, como no experimento, com teores de saturação de Al^{+3} na testemunha de 15,5% e 37,5% nas camadas 0,0-0,10m e 0,10-0,20m respectivamente, reduz o crescimento radicular, afetando o alongamento e divisão celular, diminuindo a absorção de água e nutrientes, pelo encurtamento de raízes (FERREIRA, 2006). Na camada 0,0-0,10m na qual o pH H_2O do solo se encontra abaixo de 5,5 (figura 4ab), o teor de alumínio na faixa entre 0,5 na testemunha, o que pode ocasionar toxidez a cultura, quando avaliado com os dados de produtividade (tabela 7). Em relação aos tratamentos, destaca-se o tratamento 5, no qual os teores de Al^{+3} foram os menores em todas as camadas também, 0,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (4 vezes menor que a testemunha), 0,25 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (4,8 vezes menor que testemunha), 1,03 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (2 vezes menor que a testemunha), nas camadas 0-10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 respectivamente.

Após o período de 21 meses, houve uma diminuição no teor de Al^{+3} nas camadas sub superficiais frente à testemunha, o que é decorrente dos teores de Ca^{+2} , que devido a reação que ocorre no solo, através da OH^- que deslocam o Al^{+3} (PAVAN et al., 1984), o que é justificado pelo aumento no teor de Ca^{+2} e Mg^{+2} (figura 4cd).

Quando avaliado, o pH H_2O e Al^{+3} da testemunha, ocorreu diminuição no teor de alumínio e incremento de pH, (figura 4 e 5) tanto superficialmente quanto incorporado, esta possível redução do Al^{+3} e elevação do pH ocorreu pela calagem, assim como Caires (2000) observou nas três camadas, com efeito maior na camada superficial. Deste modo, devido ao pH H_2O na camada superficial nos tratamentos se aproximarem de 5,5 o Al^{+3} quase desapareceu. Na primeira coleta as doses mais elevadas, com calcário calcítico, e com adição de gesso agrícola, foram mais eficientes em corrigir a camada sub superficial na ordem de 40%, já na segunda coleta na ordem de 50% de redução do Al^{+3} , independente da dose e aplicação superficial ou incorporada em relação à testemunha.

Da mesma forma, Caires (1999), com experimento em área de 15 anos com SPD após 18 meses observou em até 80 cm de profundidade reduções nos teores de alumínio trocável, que pode ter relação com o Ca^{+2} e Mg^{+2} descenderem no perfil mesmo sem a incorporação mecânica.

Mesmo com aplicação de calcário nos tratamentos 5,6 e 7, buscando elevar a saturação por bases a 75% (60% Ca e 15%), os resultados foram inferiores aos

estipulados pelo método nas duas coletas (figura 5), atingindo valores máximos de 68% na camada 0,0-0,10m em ambas coletas, e assim como Natale (2007) que atingiu no máximo 63%, estas reações podem estar ligada ao potencial de cargas dependentes do pH do solo e assim formando novos minerais no solo (Tescaro, 1998), além do tempo de reação do calcário com o solo, e todos processos que ocorrem no solo, pois esta em constantes variações dependendo do manejo (figura 5).

Da mesma forma, em que a dose estimada elevou os níveis de saturação de base aquém do esperado, (QUAGGIO, 1982), quando buscou 70% de saturação, estimou 5 ton ha⁻¹, porém o máximo que elevou foi a 68% aplicando 12 t ha⁻¹, assim como nos tratamentos de 1 SMP a pH 6,0, com doses semelhantes, se encontrou na primeira coleta saturação por bases 70%, e na segunda coleta 60%. Dentre as razões pode se atribuir a granulometria do calcário, tempo insuficiente de reação com o solo, perdas por lixiviação e exportação na colheita. (OLIVEIRA, 2003).

Além disso, destaca-se a elevação de Ca⁺² e Mg⁺² em sub superfície (tabela 4 e 5), em consequência, elevação da saturação por bases, aos 9 meses, de até 85% na camada 0,10-0,20m quando utilizado gesso agrícola, obtendo 52% de saturação por bases nesta camada, e de 60 a 100% na camada 0,20-0,40m, exceto no tratamento 1 SMP. E após 21 meses, incremento acima de 30% e de até 79% no tratamento 1 SMP na camada 0,10-0,20m, da mesma forma como na coleta anterior, obtendo valores de saturação por bases de até 52% nesta camada, e na camada 0,20-0,40m com elevação em todos tratamentos, e de até 3 vezes na saturação por bases, chegando a 49% quando utilizado gesso agrícola, o que nos indica que este tratamento na primeira coleta teve a maior saturação por bases na camada 0,10-0,20m e na segunda coleta 0,20-0,40m, deste modo, está ocorrendo deslocamento do calcário no perfil. Se observa que nas duas coletas se elevou a saturação de bases (V%), porém após 21 meses (figura 5cd), a saturação de bases se elevou em todos os tratamentos superficialmente e em sub superfície.

Figura 4 - Efeito dos tratamentos sobre os valores de Al^{3+} após 9 meses (a e b) e 21 meses (c e d) da implantação dos experimento.

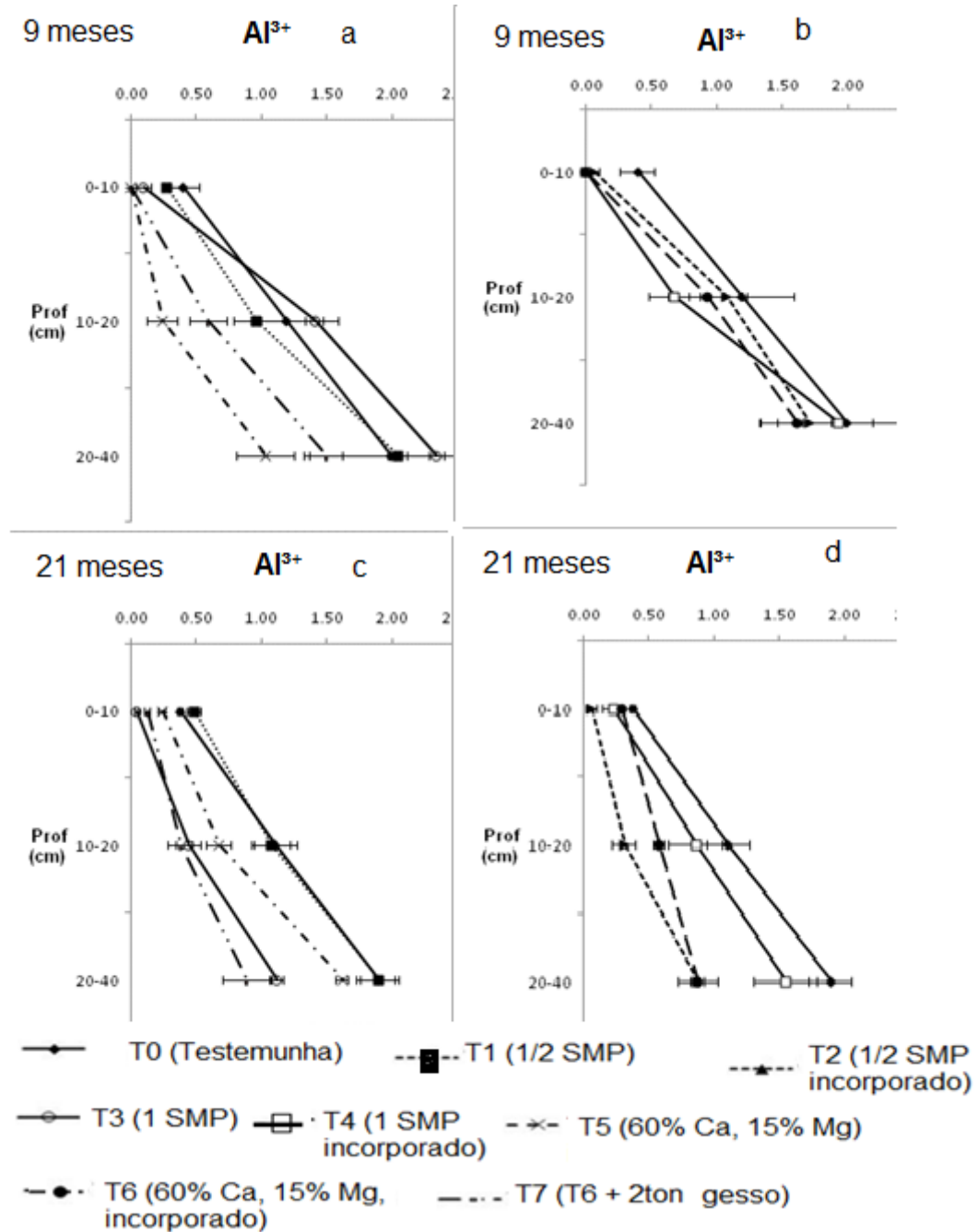
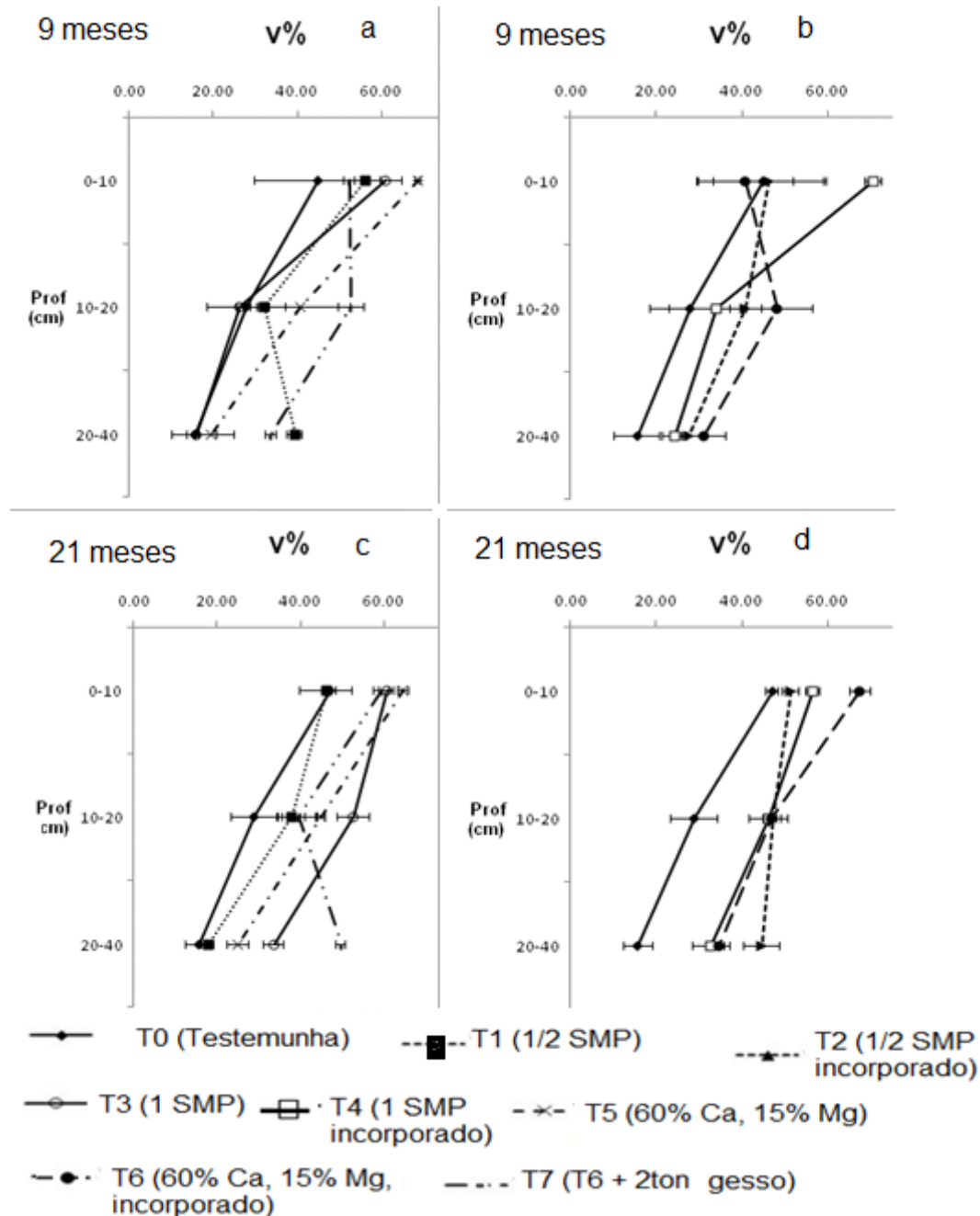


Figura 5 - Efeito dos tratamentos sobre a saturação por bases (V%) após 9 meses (a e b) e 21 meses (c e d) da implantação dos experimento.



6.1.3 Cálcio e magnésio no solo

Após 9 meses de aplicação dos corretivos a relação $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ quando utilizado (CQFS-RS/SC, 2004) não houve variação, mantendo a relação da testemunha, com estreitamento entre as bases no solo, já quando buscado o

equilíbrio, no tratamento 5 manteve a relação conforme calculada de 4:1, porém nos tratamentos que foram incorporados ou utilizado o gesso, esta relação estreitou na camada superficial, porém na camada 0,10-0,20 m houve incremento de cálcio, pelo fato de incorporar o cálcio em sub superfície e com a utilização do gesso pela lixiviação de SO_4 arrasta consigo Ca^{+2} (DIAS et al., 1992), com elevação de mais de 50% no teor de cálcio nesta camada, e deste modo diminuindo o teor na camada superficial. (tabela 4).

Na camada 0,10-0,20 m mesmo com apenas 9 meses, se observou que o Ca^{+2} quando incorporado ou nos tratamentos de “Albrecht” buscando o equilíbrio de bases, os teores se elevaram (figura 6ab).

Já quando avaliado aos 21 meses após as correções, se observou que houve uma ligeira melhoria nos teores de cálcio e magnésio frente à testemunha em todos tratamentos, principalmente no cálcio quando adicionado gesso, esta dissolução do calcário se explica pelo fato de quando o pH atingir na camada superficial entre 5,0 a 5,6, (Caires et al., 2005), e estão na faixa de 6,0 na camada superficial, enquanto a testemunha esta com 5,0. (tabela 5), assim como Rheinheimer (2000) observou a migração de Ca^{+2} entre 18 e 36 meses após a calagem.

Os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} maiores na profundidade de 0,20-0,40 m significa que houve deslocamento para estas profundidades, principalmente quando usado doses elevadas de calcário, aumentando pH H_2O , Ca^{+2} , Mg^{+2} e saturação por Ca e Mg (FAGERIA, 2001) (figuras 6 e 7).

Porém quando comparado os teores da primeira coleta (tabela 4), com a segunda coleta (tabela 5), houve um decréscimo nos teores, o que pode ser explicado pelo deslocamento vertical de partículas finas por condições de estrutura de solo favoráveis e mobilização química do calcário nas formas inorgânicas através de resíduos de plantas de cobertura (CAIRES, 2013), além das doses do presente trabalho serem altas. Caires (2013) encontrou melhoria nas condições químicas em profundidade quando utilizado dose de 6 t ha^{-1} , já com 3 t ha^{-1} esta melhoria não ocorreu.

Outro fator a ser considerado é a produtividade elevada na safra 2016/17 (tabela 8), segundo a EMBRAPA (2008), a quantidade absorvida e exportada pela cultura de Ca ($12,2 \text{ g kg}^{-1}$) e Mg ($6,7 \text{ g kg}^{-1}$), considerando a produtividade em torno de 5000 kg ha^{-1} (tabela 8), a quantidade entre o exportado nos grãos e resíduos

culturais ainda sem estar degradado resulta em torno de 61 kg de Ca e 33,5 kg de Mg, valor significativo quando considerado o calcário como macro nutriente que a cultura da soja exige, pois além disto, grande parte neutraliza o pH e acaba sendo adsorvido pelas cargas negativas criadas.

Em relação à saturação de cálcio na CTC do solo, em todos tratamentos, inclusive aonde buscou-se elevar a 60%, não conseguiu-se elevar aos teores desejados, ficando bem abaixo do esperado, o que indica que parte deste cálcio desceu para camada sub superficial, na coleta dos 21 meses após a implantação do experimento se evidencia elevação dos teores nestas camadas, também pode ser relacionado a parte da calagem ainda não ter reagido com o solo, e interações do solo. (tabela 4 e 5).

Já a saturação de magnésio se aproximou mais do planejado, parte por já estar com o teor inicial mais próximo do calculado quando buscado o equilíbrio de bases, e assim como o Ca^{+2} , o teor em profundidade se elevou, visto que o cálculo inicial considerou a camada 0,0-0,20m. (tabela 5).

Assim como nos atributos Al^{3+} , V%, os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} quanto ao método de aplicação, se comportou semelhante, não justificando a ação mecânica de escarificar o solo. (figuras 6 e 7).

Tabela 4 - Teores de cálcio e magnésio e relações Ca/Mg após 9 meses de aplicação dos corretivos

Trat.	Prof.	Ca cmol_c dm^{-3}	Ca % /CTC	Mg cmol_c dm^{-3}	Mg % /CTC	Ca/Mg
Testemunha	0,0- 0,10	4,77	27,75	1,97	11,45	2,42
	0,10-0,20	2,70	19,42	1,47	10,58	1,84
	0,20-0,40	3,30	22,76	1,48	10,18	2,23
½ SMP	0,0- 0,10	3,70	21,53	1,66	9,67	2,23
	0,10-0,20	2,11	15,18	1,14	8,18	1,86
	0,20-0,40	4,72	32,57	1,84	12,67	2,57
½ SMP escarificado	0,0- 0,10	4,15	24,13	1,87	10,87	2,22
	0,10-0,20	3,09	22,21	1,62	11,63	1,91
	0,20-0,40	2,03	14,02	1,28	8,85	1,58
1 SMP	0,0- 0,10	4,35	25,31	1,84	10,72	2,36
	0,10-0,20	1,94	13,93	1,14	8,18	1,70
	0,20-0,40	1,37	9,47	1,00	6,87	1,38
1 SMP	0,0- 0,10	4,70	27,34	2,04	11,86	2,31
	0,10-0,20	3,10	22,27	1,53	11,01	2,02

escarificado	0,20-0,40	1,73	11,93	1,20	8,28	1,44
60%Ca,15%Mg/CTC	0,0- 0,10	5,35	31,10	1,22	7,11	4,37
	0,10-0,20	4,15	29,82	1,77	12,73	2,34
	0,20-0,40	2,16	14,86	1,41	9,72	1,53
60%Ca,15%Mg/CTC escarificado	0,0- 0,10	2,83	16,45	1,33	7,70	2,14
	0,10-0,20	4,57	32,88	1,35	9,71	3,39
	0,20-0,40	2,59	17,89	1,30	8,97	1,99
60%Ca,15%Mg/CTC + gesso	0,0- 0,10	2,32	13,47	1,37	7,98	1,69
	0,10-0,20	4,37	31,41	1,44	10,38	3,03
	0,20-0,40	2,91	20,05	1,33	9,17	2,19
200 kg calsite	0,0- 0,10	2,18	12,69	1,42	8,28	1,53
	0,10-0,20	2,96	21,27	1,56	11,25	1,89
	0,20-0,40	2,54	17,52	1,49	10,28	1,70

Tabela 5 - Teores de cálcio e magnésio e relações Ca/Mg após 21 meses de aplicação dos corretivos.

Trat.	Prof.	Ca cmol _c dm ⁻³	Ca% /CTC	Mg cmol ₃ dm ⁻³	Mg% /CTC	Ca/Mg
Testemunha	0,0- 0,10	2,61	15,17	1,21	7,02	2,16
	0,10-0,20	1,59	11,46	0,73	5,23	2,19
	0,20-0,40	1,01	6,97	0,46	3,15	2,21
½ SMP	0,0- 0,10	2,35	13,66	0,97	5,62	2,43
	0,10-0,20	2,11	15,18	1,09	7,84	1,94
	0,20-0,40	1,25	8,62	0,49	3,36	2,57
½ SMP escarificado	0,0- 0,10	1,84	10,72	1,26	7,34	1,46
	0,10-0,20	1,97	14,20	1,40	10,07	1,41
	0,20-0,40	3,15	21,69	1,73	11,94	1,82
1 SMP	0,0- 0,10	1,84	10,69	1,58	9,17	1,17
	0,10-0,20	3,05	21,94	1,91	13,72	1,60
	0,20-0,40	2,16	14,91	1,59	10,99	1,36
1 SMP escarificado	0,0- 0,10	2,38	13,86	1,85	10,78	1,29
	0,10-0,20	3,67	26,38	2,17	15,59	1,69
	0,20-0,40	2,66	18,33	1,88	12,97	1,41
60%Ca,15%Mg/CTC	0,0- 0,10	2,32	13,47	1,69	9,81	1,37
	0,10-0,20	2,49	17,91	1,79	12,88	1,39
	0,20-0,40	2,12	14,59	1,55	10,70	1,36
60%Ca,15%Mg/CTC escarificado	0,0- 0,10	3,82	22,22	1,54	8,94	2,48
	0,10-0,20	3,10	22,30	1,69	12,16	1,83
	0,20-0,40	2,05	14,15	1,60	11,01	1,28
60%Ca,15%Mg/CTC + gesso	0,0- 0,10	4,29	24,94	1,45	8,40	2,97
	0,10-0,20	3,78	27,17	1,62	11,63	2,34
	0,20-0,40	2,35	16,18	1,71	11,82	1,37
200 kg calsite	0,0- 0,10	4,04	23,5	1,33	7,72	3,04
	0,10-0,20	1,75	12,57	1,34	9,62	1,31
	0,20-0,40	1,34	9,21	1,32	9,07	1,02

Figura 6 - Efeito dos tratamentos sobre os teores de Ca após 9 meses (a e b) e 21 meses (c e d) da implantação dos experimento.

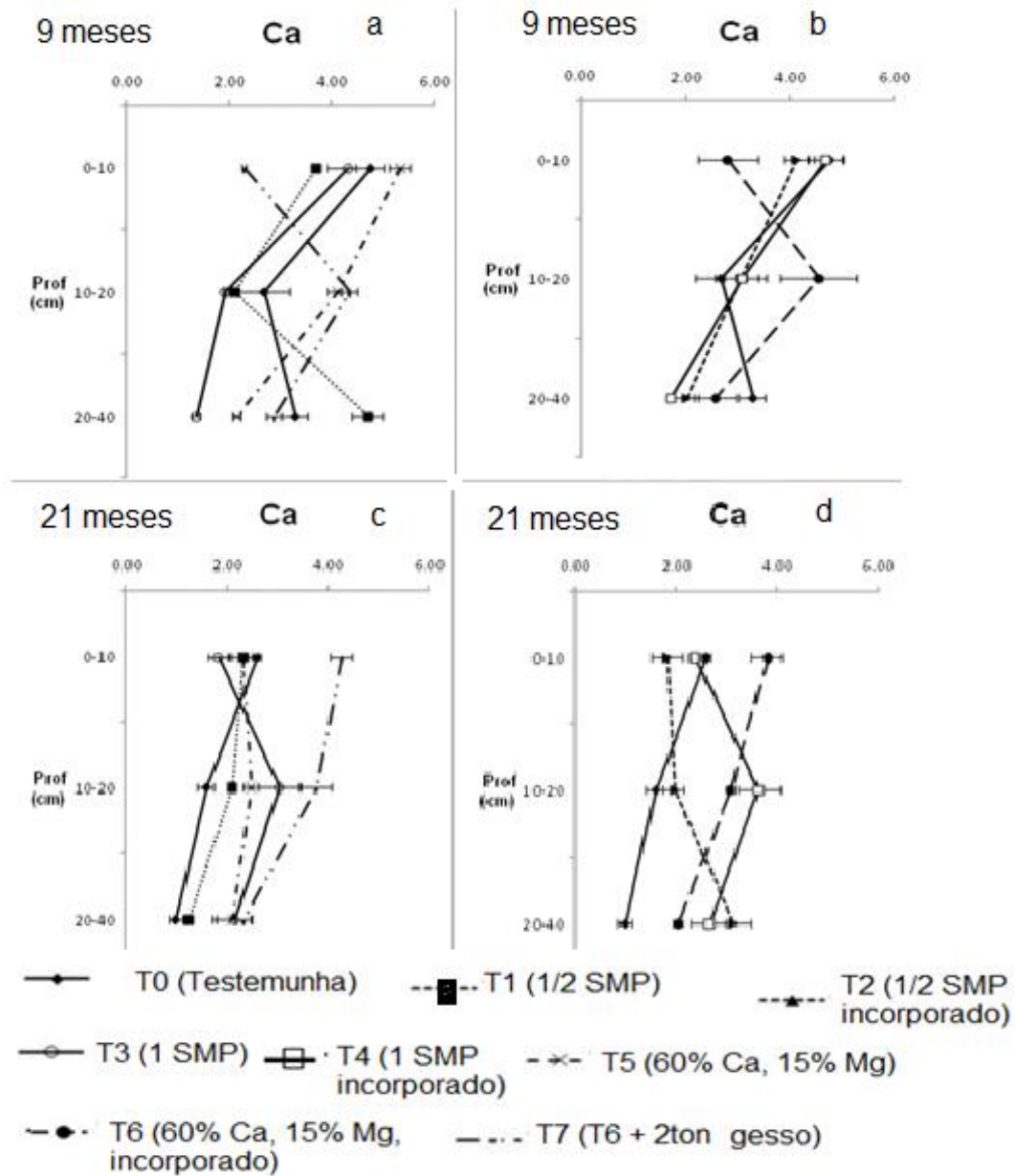
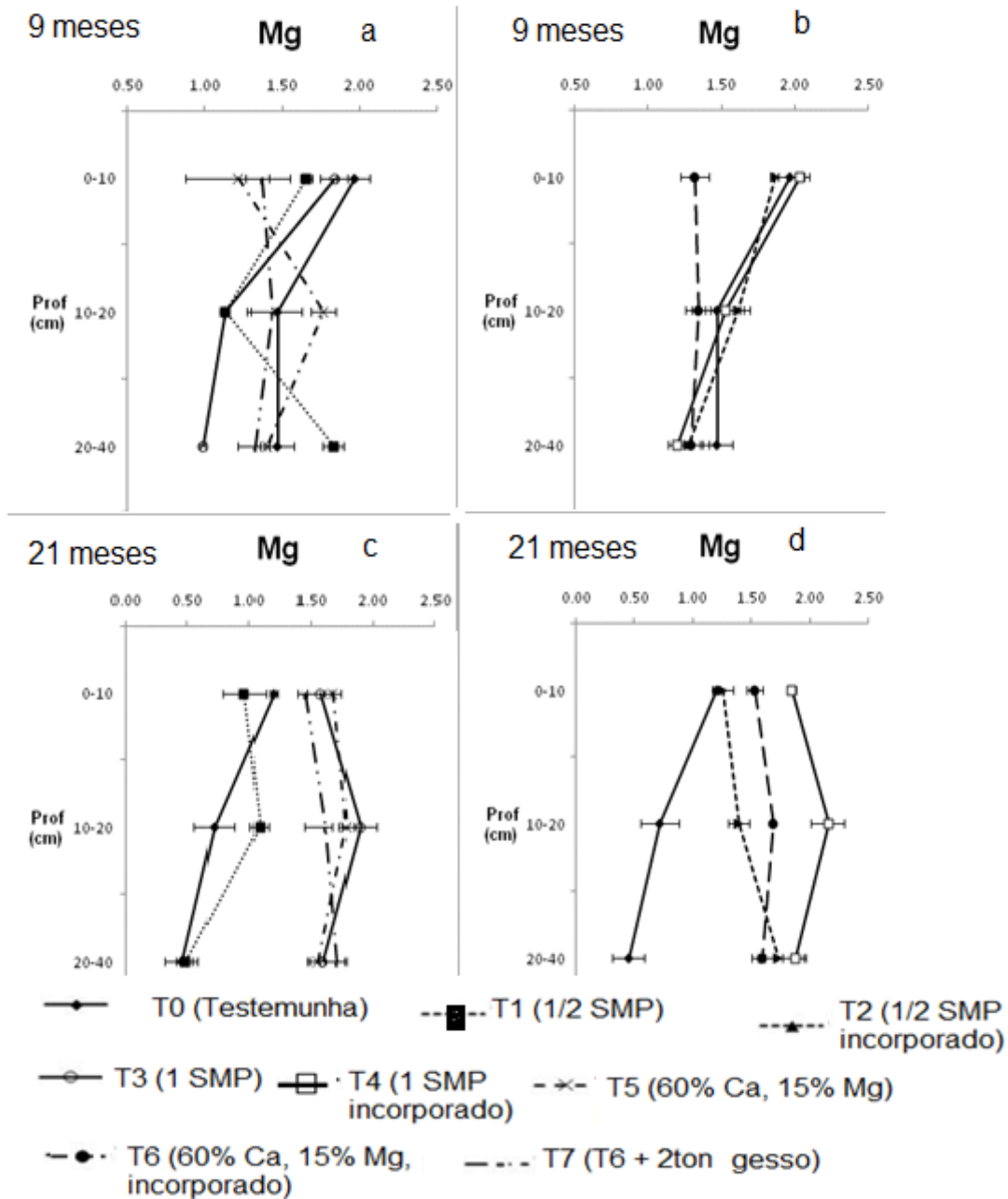


Figura 7 - Efeito dos tratamentos sobre os teores de Mg após 9 meses (a e b) e 21 meses (c e d) da implantação dos experimento.



6.1.4 Calagem superficial X Calagem incorporada

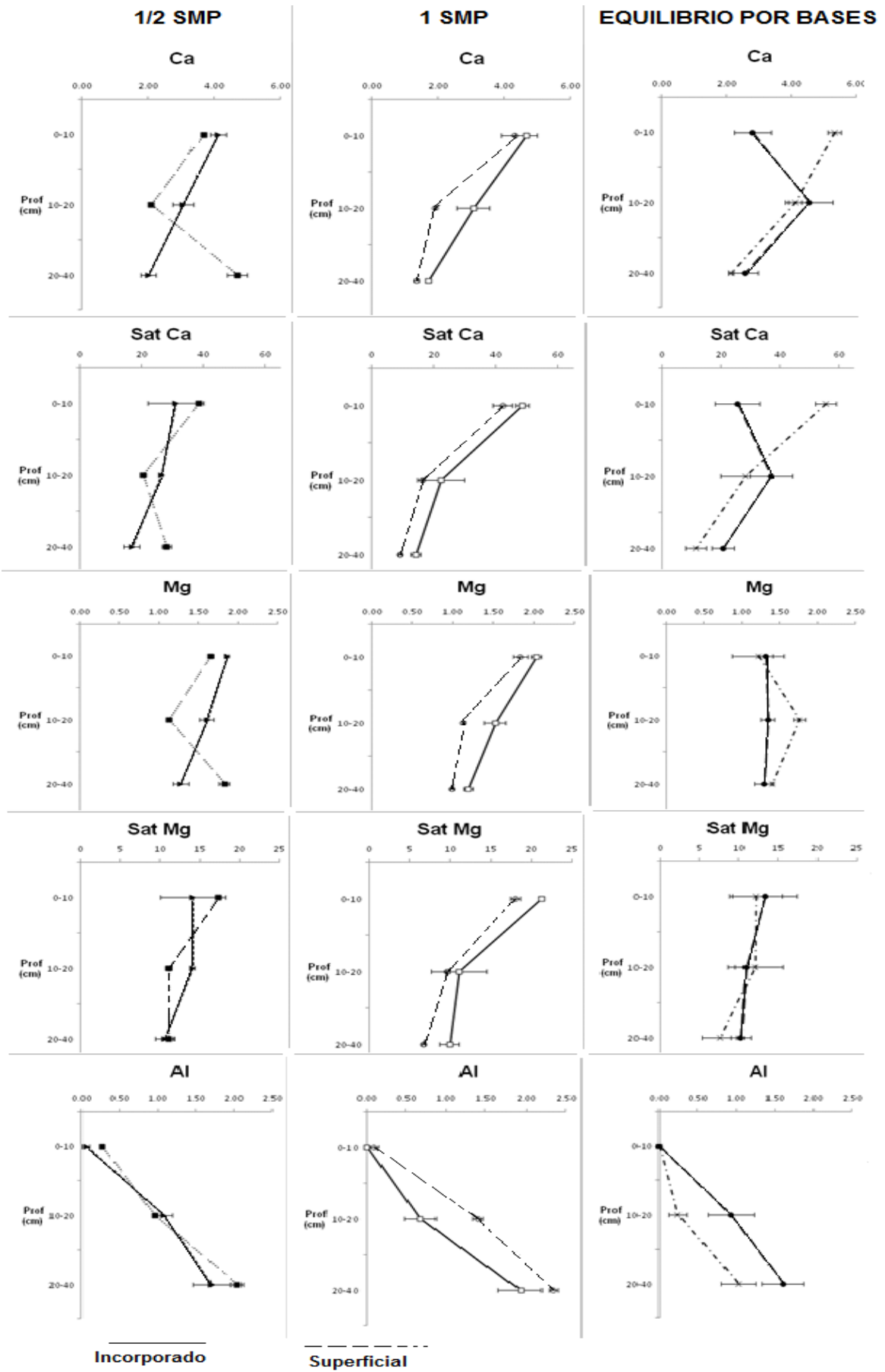
Transcorridos 9 meses se observou que comparando os métodos de aplicações não se observa grande diferenças a níveis agronômicos, com apenas algumas modificações, como no tratamento de equilíbrio de bases na camada superficial apresenta teor superior quando aplicado superficial, enquanto que com ½ SMP na camada 0,20-0,40 m apresentou teor maior quando aplicado em superfície, já na camada de 0,10-0,20m escarificando ou em superfície em todos tratamentos o teor de cálcio é semelhante nesta camada (figura 8).

Em relação ao magnésio, o comportamento foi semelhante ao cálcio, na camada superficial se observa que quando em superfície o teor de magnésio foi um pouco inferior a quando incorporado, já o tratamento ½ SMP assim como o cálcio, o teor de magnésio se comportou da mesma forma, e no equilíbrio por bases quando superficial com teor maior na camada 0,10-0,20m (figura 8).

As curvas foram semelhantes quanto ao Al^{+3} , porém com o equilíbrio por bases quando em superfície com teores pouco menores em todas camadas, com 1 SMP maior teor de alumínio aplicado em superfície e com ½ SMP semelhantes (figura 8).

Deste modo, o método de incorporar com escarificador após 9 meses de implantação do experimento não mostrou-se eficiente para correção do solo, visto que os atributos estudados foram semelhantes.

Figura 8 - Efeito dos tratamentos (1/2 SMP, 1 SMP, Equilíbrio por bases), aplicando em superfície ou incorporado, 9 meses da aplicação do calcário.



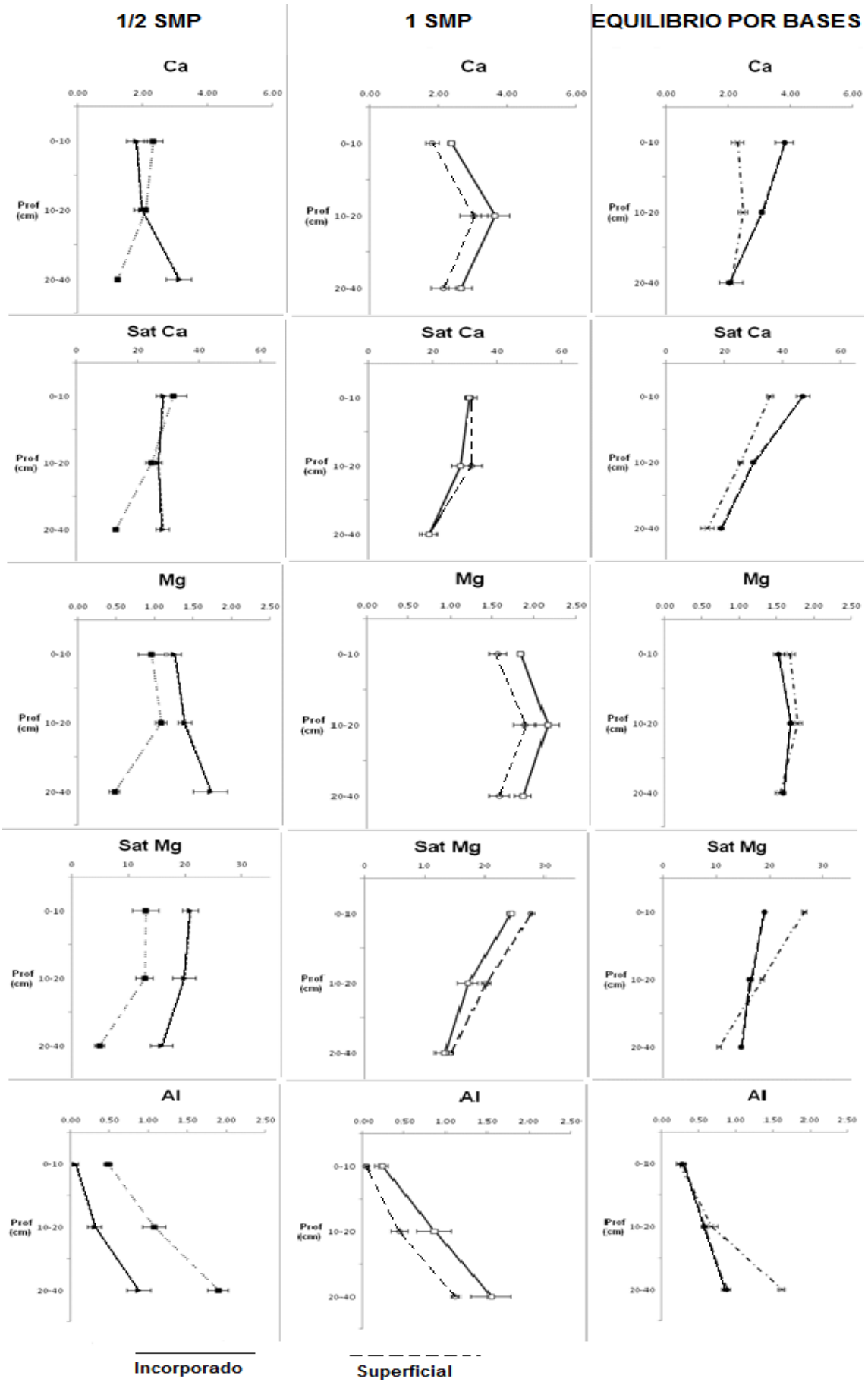
Em relação ao cálcio 21 meses após implantar o experimento, quando utilizado doses mais baixas de calcário, como 1/2 SMP em superfície houve um decréscimo dos teores de cálcio no perfil, e quando incorporado elevou-se teor na camada 0,20-0,40 m. Mas quando em doses mais altas como 1 SMP e equilíbrio bases obteve-se elevação no teor de cálcio na camada 0,0-0,10 m, mostrando a frente alcalinizante mesmo independente do método de aplicação (Figura 9).

O teor de magnésio se comportou assim como na primeira coleta, semelhante ao cálcio, independentemente de incorporar ou superfície apresentou teores semelhantes na camada 0,0-0,20 m, com elevação nos teores na camada 0,10-0,20 m sem a necessidade de escarificar, e no tratamento 1/2 SMP incorporado com níveis mais altos na camada 0,20-0,40 m (Figura 9).

Já em relação ao Al^{3+} no tratamento 1/2 SMP apresentou teores maiores quando em superfície, já no 1 SMP quando foi incorporado, e pelo equilíbrio por bases diferiu na camada 0,20-0,40 m com níveis mais altos quando aplicado superficialmente. (figura 9).

Da mesma forma como na coleta anterior, após 21 meses de aplicação dos corretivos, os teores dos nutrientes em ambas as camadas são semelhantes, independente de aplicado superficial ou incorporado com escarificador.

Figura 9 - Efeito dos tratamentos (1/2 SMP, 1 SMP, Equilíbrio por bases), aplicando em superfície ou incorporado, 21 meses da aplicação do calcário.



6.2 EFEITO DOS TRATAMENTOS NAS PRODUTIVIDADES DA CULTURA DA SOJA

Quando comparados os anos agrícolas, exceto o tratamento ½ SMP no qual em ambos os anos a produtividade não diferiu estatisticamente, a safra 2016/17 apresentou menor produtividade estatisticamente significativa em relação a safra 2015/16. O que pode ser notado na (Tabela 6), em que no ano agrícola 1 houve excesso de precipitação na fase vegetativa e condição de déficit hídrico no mês de janeiro que a cultura apresentava-se em estágio reprodutivo, já no segundo ano agrícola as condições climáticas foram ótimas, e a cultura expressou maior potencial produtivo.

Tabela 6 - Comparação dos manejos para melhoria dos atributos químicos do solo, sobre a produtividade da soja em função do ano, Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de LS-Means a 5%.

Tratamento	Produção de soja kg ha ⁻¹			
	2015/16		2016/17	
Testemunha	3552,6	B	4626,0	A
½ SMP	4190,6	A	4513,6	A
½ SMP escarificado	4007,0	B	4630,3	A
1 SMP	4034,6	B	4713,6	A
1 SMP escarificado	3658,3	B	5069,0	A
60%Ca,15%Mg/CTC	4197,0	B	4791,3	A
60%Ca,15%mg/CTC escarificado	3832,3	B	4615,0	A
60%Ca,15%Mg/CTC +gesso	3914,6	B	4374,0	A
200 kg calsite	3821,6	B	4904,0	A

Na safra de soja 2015/16 (tabela 7), houve maior diferença de produtividades visto que em anos com algum déficit hídrico a presença de Al⁺³ prejudica o desenvolvimento das raízes e a produtividade (CAIRES, 2008).

As condições iniciais de pH H₂O do solo mostraram acidez no solo, abaixo de 6 que a literatura descreve como ideal para a maioria das culturas, assim como a soja, deste modo, os resultados obtidos confirmam um incremento de produtividade quando realizada a calagem em solo ácido. Os tratamentos de equilíbrio por bases e

½ SMP apresentaram as maiores produtividades, este fato é decorrente das doses terem sido as mais adequadas, em T1 elevando o pH e na disponibilidade de nutrientes e na solubilidade do alumínio (MALAVOLTA, 1979). E em T5 de que existe uma relação ideal de $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ buscando o equilíbrio entre cátions do solo e possibilitando um maior suprimento de nutrientes para as plantas (HOLZSCHUH, 2007). Além de quando avaliados os teores de Al^{+3} (figura 4), apresentou os menores teores no solo, de forma que com períodos de déficit hídrico nesta safra, pode ter propiciado aumento no crescimento radicular e melhor absorção de água.

Com método semelhante Caires (2012) em estudo no Paraná sugeriu que a recomendação mais adequada para o SPD fosse a aplicação em superfície de calcário para elevar a saturação de bases a 70% na camada 0,0-0,20m.

Todos tratamentos foram superiores a testemunha, produtividade esta que pode estar relacionada ao nível de pH H_2O adequado para cultura (figura 3), e melhoria nos atributos de cálcio (tabela 4).

As doses aplicadas devido a acidez que o solo se encontrava podem ter sido elevadas, principalmente em T3 e T4, o que pode ter ocasionado a super calagem, e a redução na absorção de zinco e manganês com este aumento de pH nas camadas superficiais (CAIRES, 2000).

Tabela 7 - Efeito dos manejos para melhoria dos atributos químicos do solo, sobre a produtividade da soja para a safra 2015/16, Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de LS-Means a 5%.

Tratamentos	Produtividade Kg ha ⁻¹	Grupo de médias
60%Ca,15%Mg/CTC (T5)	4197,0	A
½ SMP (T1)	4190,6	A
1 SMP (T3)	4034,6	BA
½ SMP escarificado (T2)	4007,0	BAC
60%Ca,15%Mg/CTC+gesso(T7)	3914,6	BAC
60%Ca,15%mg/CTC escarificado (T6)	3832,3	BAC
200 kg calsite (T8)	3821,6	BAC
1 SMP escarificado (T4)	3658,3	BC
Testemunha (T0)	3552,6	C

Na safra de soja 2016/17 (Tabela 8), o tratamento 1 SMP escarificado foi o tratamento mais produtivo, resultado semelhante encontrado por QUAGGIO (1993), em que em duas safras seguidas encontrou maior produtividade com a dose de 9 t ha⁻¹ de calcário.

Resultado semelhante encontrou (ZANDONA et al., 2015), que sem déficit hídrico possibilitou incremento na produtividade, em razão na melhoria dos atributos Ca⁺² e Mg⁺², de acordo com a tabela 5, em que houve um grande incremento destes nutrientes principalmente nas camadas sub superficiais, pois incorporação do calcário potencializou o incremento destes nutrientes nessas camadas, além da elevação de pH H₂O (figura 3), e redução do Al⁺³ (figura 4), melhorando a qualidade do solo, deste modo, a alta produtividade esta atrelada a formação de um perfil de solo.

Demattê (2011), cita que o aumento de produtividade, não está relacionado à relação Ca⁺²:Mg⁺², mas a distribuição destes nutrientes em profundidade, melhorando a exploração do sistema radicular.

Porém diferente do ano anterior, pelo fato das condições climáticas sem déficit hídrico, a testemunha não se caracterizou como o pior tratamento como ocorreu na safra passada.

Tabela 8 - Efeito dos manejos para melhoria dos atributos químicos do solo, sobre a produtividade da soja para a safra 2016/17, Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de LS-Means a 5%.

Tratamentos	Produtividade Kg ha ⁻¹	Grupo de médias
1 SMP escarificado (T4)	5069,0	A
200 kg calsite (T8)	4904,0	BA
60%Ca,15%Mg/CTC (T5)	4791,3	BAC
1 SMP (T3)	4713,6	BAC
½ SMP escarificado (T2)	4630,3	BAC
Testemunha (T0)	4626,0	BAC
60%Ca,15%mg/CTCescarificado(T6)	4615,0	BAC
½ SMP (T1)	4513,6	BC
60%Ca,15%Mg/CTC+gesso (T7)	4374,0	C

Na safra 2015/2016 quando comparado o método de aplicação superficial e escarificado, mostrou que o houve contrastes, e foi efetivo em diferenciar os modos de aplicação, com $p < 0,0147$. Porém quando comparados os tratamentos pelo método de student mostrou-se que o tratamento 1 SMP e pelo método de equilíbrio por bases foram significativos, de modo que, quando em superfície foi superior em produtividade, já quando analisado $\frac{1}{2}$ SMP não foi significativo. (Tabela 9)

Já na safra 2016/2017 quando compara-se superficial x escarificado, a análise de variância mostrou que não houve contrastes, e não diferiram o modo de aplicação, com $p < 0,3443$, deste modo, independente do tratamento o modo de aplicação não interferiu na produtividade. (Tabela 10)

Deste modo, analisando as duas safras, o método de aplicação superficial é indicado, pois além dos custos da mecanização para fazer a escarificação, e perda de matéria orgânica, e que produziu de forma sem diferença em alguns tratamentos, e com produtividades superiores estatisticamente na safra 2015/16.

Tabela 9 - Influência do método de aplicação (superficial x escarificado) avaliados por contrastes na safra 2015/2016

Tratamentos	Contraste	F	P valor
T1 X T2	183,67	1,2291	0,2822
T3 X T4	376,33	5,1602	0,0352
T5 X T6	364,67	4,8452	0,0410

(T1XT2) : $\frac{1}{2}$ SMP superfície x $\frac{1}{2}$ SMP escarificado/ (T3XT4): 1 SMP superfície x 1 SMP escarificado
(T5 X T6) equilíbrio de bases superfície x equilíbrio de bases escarificado

Tabela 10 - Influência do método de aplicação (superficial x escarificado) avaliados por contrastes na safra 2016/2017

Tratamentos	Contraste	F	P valor
T1 X T2	-116,67	0,1941	0,6647
T3 X T4	-355,33	1,8009	0,1963
T5 X T6	176,33	0,4435	0,5139

(T1XT2) : $\frac{1}{2}$ SMP superfície x $\frac{1}{2}$ SMP escarificado/ (T3XT4): 1 SMP superfície x 1 SMP escarificado
(T5 X T6) equilíbrio de bases superfície x equilíbrio de bases escarificado

Quando avaliado as duas safras de soja em conjunto, o tratamento 5, que busca o equilíbrio por bases sem incorporar, destaca-se pela maior produtividade

relativa acumulada, de 9,9%, como (KOPITTKKE, 2007) avaliou como ideal contendo 65% Ca, 10%Mg e 5% K. (Figura 10)

Porém os tratamentos 3, 4, 8, 1, 2 também incrementam a produtividade na faixa de 6%, mostrando a importância da calagem, tanto com dolomítico ou com calcário mais reativo na semeadura.

Avaliando a receita do agricultor, que no século XXI, nos traz uma maior competitividade e eficiência produtiva, maximizando os fatores de produção, para obter maior produtividade e rentabilidade mensurando os custos e as receitas da atividade (LOPES, 2009). No tratamento 5 foram colhidos em duas safras de soja em relação a testemunha um acréscimo de 810 kg ha⁻¹ (13,5 sacos ha⁻¹), considerando o preço médio do soja (R\$65,00 saca) nos dois anos resultaria uma receita de R\$877,00 em dois anos com o aumento da produção, e considerando o custo de R\$ 1586,00 da correção, se conclui que pela média dos dois anos, ainda não foi possível compensar o investimento de correção de solo denotando que se os resultados de incremento da produtividade forem mantidos isto poderá ocorrer nos próximos anos (tabela 11).

Considerando ainda o fator econômico (Figura 11), os tratamentos com ½ SMP se mostram mais viáveis, ressaltando em superfície que não teve o custo de mão de obra e combustível para escarificar, e houve um incremento de 525 kg (8,75 sacos ha⁻¹), gerando receita de R\$ 568,00 em dois anos, com o custo de R\$600,00, no qual o investimento de correção já foi pago, e a totalidade de produção a mais que se obterá com a calagem a partir da safra seguinte será convertida em lucro. Também se mostrou economicamente viável a utilização do calsite no qual teve um custo de R\$320,00 e receita de R\$592,00, gerando lucro para o produtor.

Já a escarificação não se mostrou economicamente vantajosa, pois não incrementou em produtividade e tem um incremento no custo da correção, de acordo com os resultados obtidos por Caires (2013) no Paraná onde a receita bruta foi semelhante, porém devido ao custo de incorporação, a receita líquida em superfície foi maior. E doses muito elevadas também se mostraram com custo muito alto frente a produção não ter respondido da mesma forma, assim se recomenda ao produtor dividir em doses menores e em intervalo menor de tempo.

Assim como Fidalski (2015) quando comparado a calagem superficial versus incorporado não encontrou vantagem da incorporação em produtividade, nem em melhoria da fertilidade do solo.

Figura 10 - Produtividade relativa acumulada de duas safras das culturas de soja sobre efeito dos tratamentos.

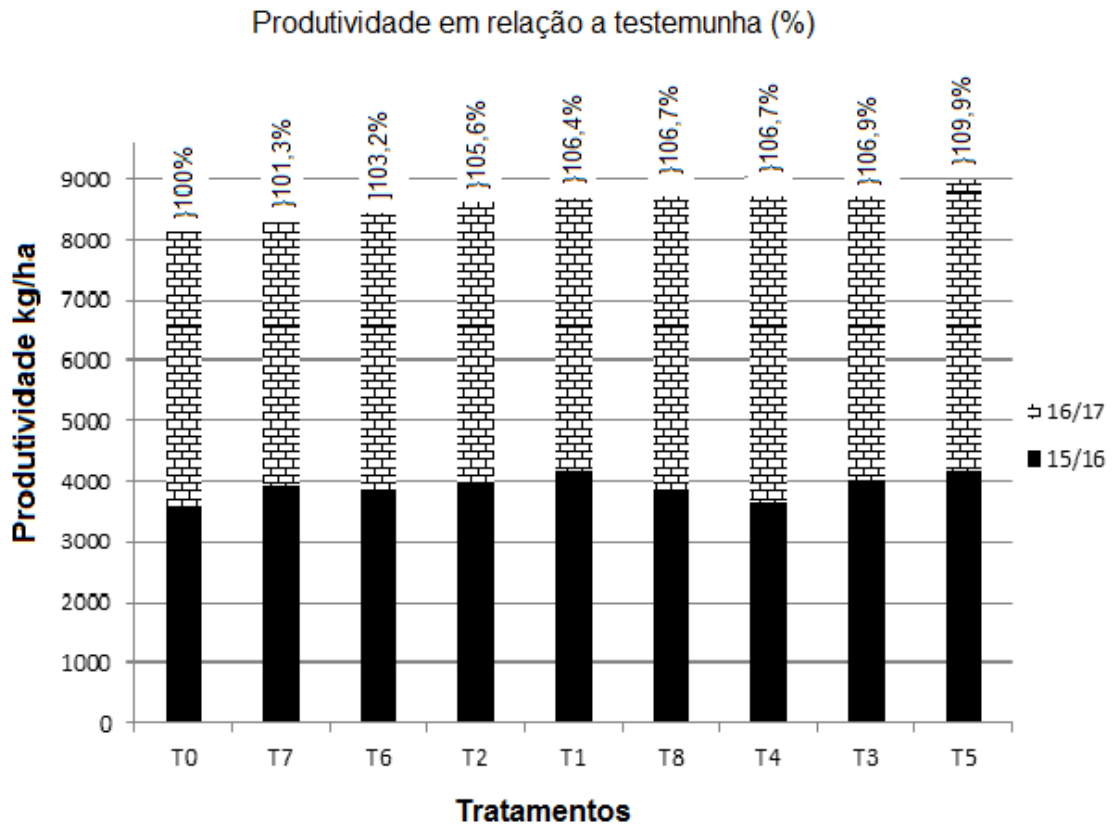
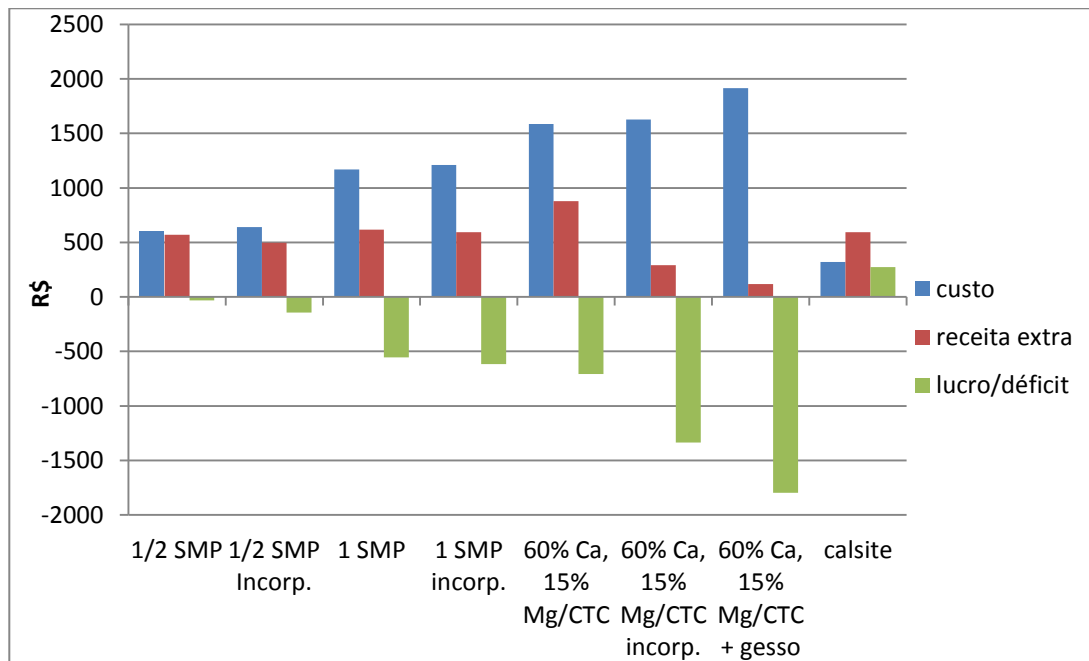


Tabela 11- Custo relativo por hectare da correção para cada tratamento.

Tratamento	Cal. Dolom.	Cal. calcítico	KCl	Combust.	Total
½ SMP	R\$ 570,00	-	-	R\$30,00	R\$600,00
½ SMP incorporado	R\$ 570,00	-	-	R\$70,00	R\$640,00
1 SMP	R\$1140,00	-	-	R\$30,00	R\$1170,00
1 SMP incorp.	R\$1140,00	-	-	R\$70,00	R\$1210,00
60% Ca,	R\$437,00	R\$741,00	R\$378,00	R\$30,00	R\$1586,00

15% Mg/ CTC					
60% Ca, 15% Mg/ CTC incorp.	R\$437,00	R\$741,00	R\$378,00	R\$70,00	R\$1626,0
60%Ca, 15 %Mg/CTC + gesso	R\$437,00 Gesso R\$440,00	R\$630,00	R\$378,00	R\$30,00	R\$1915,0
200 kg calsite + 200 kg calsite	-	Calsite R\$320,00	-	-	R\$320,00

Figura 11: Histograma da viabilidade econômica: custo x receita: (lucro ou déficit).



Mesmo com a variação de cátions no solo, no tecido vegetal se observa que nos tratamentos onde se buscou uma relação de 4:1 (Ca/Mg), a relação nos tecidos vegetais foram superiores a 3:1, e nos tratamentos que utilizou-se somente calcário dolomítico a planta absorveu em torno de 2,5:1 (Tabela 12), resultados diferentes com os encontrados por Holzschuch (2007) no qual em todos tratamentos usando calcário calcítico e dolomítico em diferentes áreas encontrou uma relação de 2:1.

Em relação ao potássio, verifica-se que mesmo nos tratamentos em que foi aplicado, como no caso do equilíbrio por bases, os teores no tecido foliar foram semelhantes aos demais tratamentos, de modo que a adubação potássica para a cultura da soja foi em doses suficientes para a extração da cultura. E assim, nos tratamentos que foi aplicado na instalação do experimento, pela análise foliar constata-se que não interferiu na avaliação da calagem.

Mas quando comparados com as análises de solo (tabela 4 e tabela 5), a relação de absorção de nutrientes no tecido foliar foi superior a obtida no solo.

Tabela 12 - Teores de cálcio e magnésio e relações Ca/Mg quantitativas no tecido vegetal no estágio R1 na cultura da soja safra 2016/17 em função dos diferentes métodos de correção com calcário calcítico e dolomítico, superficial incorporado.

Tratamento	Potássio (g/dm ³)	Cálcio (g/dm ³)	Magnésio (g/dm ³)	Cálcio/magnésio
Testemunha	28,3	7,31	3,21	2,27
1/2 SMP	23,3	7,53	3,04	2,47
1/2 SMP incorp.	24,0	9,25	3,10	2,98
1 SMP	24,5	8,88	3,24	2,74
1 SMP incorp.	23,8	9,05	3,18	2,84
60%Ca,15%Mg/CTC	23,9	10,1	2,89	3,49
60%Ca,15%Mg/CTC incorp.	22,1	9,08	2,78	3,26
60%Ca,15%Mg/CTC+gesso	25,3	8,93	2,51	3,55
200 kg calsite	24,3	8,13	2,93	2,77

7 CONCLUSÕES

Entre os tratamentos, considerando 2 anos agrícolas e os custos, o mais eficiente foi o ½ SMP a pH H₂O 6,0, e o mais produtivo o método de equilíbrio por bases.

Mesmo aplicando em superfície 5 ton ha⁻¹ (PRNT 100%) de calcário, foi eficiente na correção no solo, inclusive nas camadas 0,10-0,20m e 0,20-0,40m em dois anos.

A escarificação não foi à estratégia eficiente para incorporar e acelerar o processo de correção do solo.

O calsite se mostrou promissor, menos eficiente no ano seco, com menor residual do que os outros corretivos, porém com menor custo e com incremento de produtividade no segundo ano agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, William A. The Albrecht Papers.Vol.I, **Foundation Concepts**, ACRES USA. 515 pgs, 1975
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v 36, p 695-702, 2001.
- ALLEONI, L. R. F.; CAMBRINI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **R. Bras. Ci. Solo**, v2, p923-934, 2005.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, p.1-18, 2000.
- CAIRES E.F.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, v.97, p.791-798, 2005.
- CAIRES, E.F. Calagem e uso de gesso em Sistema Plantio. Revista Plantio Direto, v.128, p.1-11, 2012.
- CAIRES, E. F. et al. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, p.87-98, 2006.
- CAIRES, E. F. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **R. bras. Ci. Solo**, 25: 1029-1040, 2001.
- CAIRES, E.F. Controle da acidez do solo no sistema plantio direto. Informações agronômicas N°141. 2013.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, Campinas, 59(2), 213-220, 2000
- CAIRES, E. F. et al. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. *European Journal of Agronomy*, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008.
- CAIRES, E.F. et. al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista brasileira Ciencia do solo*, v.27,p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F. et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Bras. de Ci. Solo**, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 28. p.125-136, 2004.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.317-326, 2004.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <www.conab.gov.br>. Acesso em 2 jun. 2015.

DALLA NORA, D.; AMADO, T.J.C. Improvement in Chemical Attributes of Oxisol Subsoil and Crop Yields under No-Till. **Agronomy Journal**, v.105, p. 1393-1403, 2013.

DEMATTE, J. L. I. Ação do gesso e do calcário na relação cálcio:magnésio do solo e na produtividade de cana-de-açúcar. *Informações agronômicas* n.136. 2011.

DIAS, L.E. Uso de gesso como insumo agrícola. Seropédica, Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Biologia -CNPBS, 1992. 6p. (Comunicado Técnico 7)

EMBRAPA SOJA. Soja em números (safra 2016/2017). Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em 05 jan. 2018.

EMBRAPA SOJA. Revista 30 anos: gerando tecnologias e cultivando parceiras. Londrina, abr. 2005.

FAGERIA, N. K. *Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 36, n. 11, p.1419-1424, nov. 2001

FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B. Toxidez de alumínio em culturas anuais. EMBRAPA, 2008.

FISCHER, R. Revista Plantio direto. Herbert Bartz: um louco pela agricultura e pela sustentabilidade. 2012.

FIDALSKI, J.; YAGI, R.; TORMENA, C. A. Revolvimento Ocasional e Calagem em Latossolo Muito Argiloso em Sistema Plantio Direto Consolidado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1483-1489, 2015.

FIORIN, J. E.; SILVA, A. N. Relação entre pH em água e saturação por bases nas áreas manejadas em agricultura de precisão no Rio Grande do Sul. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2013.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção Brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. Goiânia, vol7. N12. 2011.

HABECK, C.E.; ARAUJO, T.S. Os trabalhos da EMBRAPA na sojicultura. 2007.

HOLZSCHUH, M J. **Eficiência de calcário calcítico e dolomítico na correção da acidez de solos sob plantio direto**, 2007.

HURTADO, S.M.C.; SILVA, C.A.; RESENDE, A.V.; von PINHO, R.G.; INÁCIO, E.S.B. & HIGASHIKAWA, F.S. Spatial variability of soil acidity attributes and the spatialization of liming requirement for corn. *Ci. Agrotec.*, 33:1351-1359, 2009.

KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W. A review of the use of the basic cation saturation ratio and the “ideal” soil. *V. 71. N. 2.* 2007.

LIEBHARDT, W. C. The basic cation saturation ratio concept and lime and potassium recommendations on Delawar’s coastal plain soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.45, p.544-549, 1981.

LOPES, M. A importância da gestão de custos em empresas rurais. 2009. Disponível em <http://www.administracaoegestao.com.br/administracao-rural/a-importancia-da-gestao-de-custos-em-empresas-rurais>> Acesso em 27 set. 2017.

MALAVOLTA, E. - ABC da Adubação. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo (SP), 1.979. 256 p.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L.F.S. LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Época de semeadura, densidade de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.56, n.4, p.851-858, 1999.

MELLO, J.C.A. et al. Alterações nos atributos químicos de um latossolo distroférrico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistema plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:553-561, 2003.

MOREIRA. S. G. et al. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:71-81, 2001.

NATALE, W. et. al. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e nutrição e produtividade da goiabeira. 2007. Disponível em <<http://www.redalyc.org/html/1802/180214061024/>> Acesso em 08 dez. 2017.

NOGARA NETO, F.; ROLOFF, G.; DIECKOW, J.; MOTTA, A.C.V. Atributos de solo e cultura espacialmente distribuídos relacionados ao rendimento do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 1025 - 1036, 2011

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. *Revista ciências exatas e naturais*, 2004.volume 6 nº1

NUNES, J. L. S. Características da soja. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/caracteristicas.aspx>> Acesso em 11 mar. 2016.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. & COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:59-64, 1997.

OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S. *Resposta do feijoeiro à relações variáveis entre cálcio e magnésio na capacidade de troca de cátions de latossolos*. IN: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Londrina, Paraná. 2001. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:859-866, 2003.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, v.48, p.33-38, 1984.

PINELLI, N. O que é agricultura de precisão?. 11 agos. 2015. Disponível em <<http://projetodraft.com/o-que-e-agricultura-de-precisao/>>. Acesso em 28 nov. 2017.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas. Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ, B.van. Efeitos da aplicação do calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:189-194, 1982.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; GALLO, P. B. & MASCARENHAS. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons n o perfil do solo. *Pesq. Agropec. Bras.* v.28, p. 375 – 383, 1993.

RHEINHEIMER, D. E. et. al. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista brasileira de ciência do solo*, v.24, p. 797-805, 2000.

RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. *Agron. J.*, 72:40-44, 1980.

SALVADOR, N. et al. Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódicos realizados antes e depois da operação de subsolagem. *Ciênc. Agrotec*, Lavras, v.33, n.3, p. 870-874, 2009.

SANTI, et al. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.47, n.9, p.1346-1357, set. 2012.

SILVA, A. C.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. Disponível em <http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sessoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agricultura%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%20O%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf> Acesso em 15 jun. 2016.

SILVA, J. E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.15, n.3, p.329-333, 1990.

SFREDO, G. J. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. EMBRAPA, 2008.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

TESCARO, M.D. Eficiência do método da saturação para a correção da acidez de um solo Álico. In: *BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO NUTRIÇÃO DE PLANTAS*, 23., Caxam Resumos. Caxambu, UFLA/SBCS/SBM, 1998

USDA, United States Department of Agriculture. FIESP Informativo DEAGRO Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2016/04/boletim_soja_abril2016.pdf> Acesso em 12 jun. 2017.

VIEIRA, M. L. **Escarificação como forma de incorporação de calcário em um latossolo vermelho sob plantio direto.** 2011. Tese (Doutor em agronomia), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B. da; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A.; CUCOLOTTO, M. Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, p. 477 - 484, 2005

ZANDONÁ, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. *V.45*, n 2, p. 128-137, abr/jun. 2015.